



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B23K 20/12 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024120252, 18.07.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.07.2024Дата регистрации:
24.02.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.07.2024

(45) Опубликовано: 24.02.2025 Бюл. № 6

Адрес для переписки:

308015, г.Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", ОИС, Цурикова Наталья Дмитриевна

(72) Автор(ы):

Малофеев Сергей Сергеевич (RU),
Долженко Павел Дмитриевич (RU),
Калиненко Александр Андреевич (RU),
Мионов Сергей Юрьевич (RU),
Тагиров Дамир Вагизович (RU),
Кайбышев Рустам Оскарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

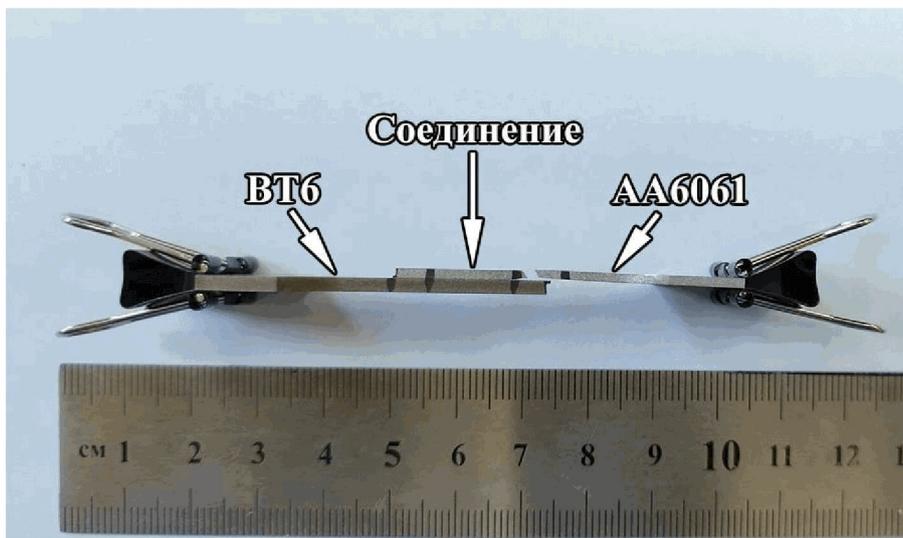
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2446927 C1, 10.04.2012. RU
2441735 C1, 10.02.2012. SU 1818188 A1,
30.05.1993. RU 2642239 C1, 24.01.2018. EP
1716959 A2, 02.11.2005.

(54) Способ получения неразъемного герметичного соединения из разнородных материалов с помощью сварки трением с перемешиванием

(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано для получения неразъемного герметичного соединения из разнородных материалов. После очистки от загрязнений соприкасающихся поверхностей соединяемых деталей осуществляют сварку путем внедрения сварочного инструмента, состоящего из вогнутого заплечика и штыря, в деталь из более легкоплавкого материала, которая расположена поверх детали из более тугоплавкого материала. Расстояние между кончиком штыря сварочного инструмента и поверхностью более тугоплавкого материала

составляет 25 - 75 мкм. Скорость вращения сварочного инструмента составляет не менее 1100 об/мин, скорость подачи – не более 75 мм/мин, а угол наклона сварочного инструмента относительно нормали к соединяемым деталям составляет 2,5°. Использование в способе указанных параметров сварки позволяет получить высокопрочные и герметичные соединения за счет обеспечения тепловыделения, достаточного для адгезионного соединения материалов путем образования интерметаллидного слоя. 2 ил.



Фиг. 2

RU 2835220 C1

RU 2835220 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B23K 20/12 (2006.01)
B23K 103/18 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B23K 20/12 (2024.08)

(21)(22) Application: **2024120252, 18.07.2024**

(24) Effective date for property rights:
18.07.2024

Registration date:
24.02.2025

Priority:

(22) Date of filing: **18.07.2024**

(45) Date of publication: **24.02.2025** Bull. № 6

Mail address:

**308015, g.Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
OIS, Tsurikova Natalya Dmitrievna**

(72) Inventor(s):

**Malofeev Sergei Sergeevich (RU),
Dolzhenko Pavel Dmitrievich (RU),
Kalinenko Aleksandr Andreevich (RU),
Mironov Sergei Iurevich (RU),
Tagirov Damir Vagizovich (RU),
Kaibyshev Rustam Oskarovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Belgorodskii gosudarstvennyi
natsionalnyi issledovatel'skii universitet" (NIU
"BelGU") (RU)**

(54) **METHOD OF PRODUCING PERMANENT TIGHT JOINT FROM DISSIMILAR MATERIALS BY FRICTION STIR WELDING**

(57) Abstract:

FIELD: performing operations.

SUBSTANCE: invention relates to machine building and can be used to produce a permanent tight connection from dissimilar materials. After cleaning from contaminants of contacting surfaces of connected parts, welding is performed by introducing a welding tool consisting of a concave shoulder and a pin, into a part from a more fusible material, which is located on top of a part from a more refractory material. Distance between the tip of the pin of the welding tool and the surface of the more refractory material is 25-75 mcm.

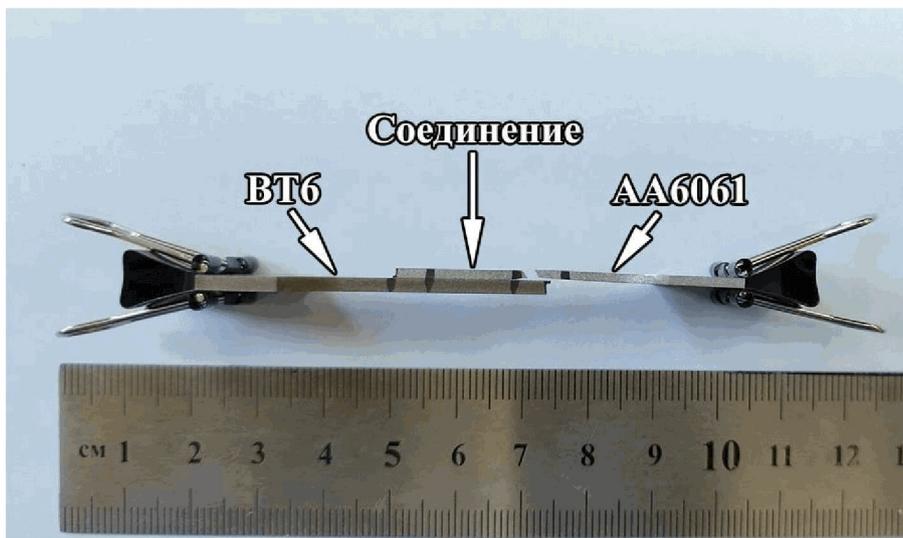
Welding tool rotation speed is not less than 1100 rpm, feed rate is not more than 75 mm/min, and the angle of inclination of the welding tool relative to the normal to the connected parts is 2.5°.

EFFECT: use of said welding parameters in the method enables to obtain high-strength and tight joints due to provision of heat release sufficient for adhesive connection of materials by forming an intermetallic layer.

1 cl, 2 dwg

RU 2 835 220 C1

RU 2 835 220 C1



Фиг. 2

RU 2835220 C1

RU 2835220 C1

Способ получения неразъемного герметичного соединения из разнородных материалов с помощью сварки трением с перемешиванием

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано для получения неразъемного герметичного соединения из разнородных материалов для
5 нужд судостроения, авиации, химического машиностроения и других отраслей промышленности.

Из уровня техники известен способ получения соединения разнородных материалов (RU № 2446927, публ. 10.04.2012), в котором на детали из более тугоплавкого материала
10 выполняют отверстия и воздействуют на деталь из более легкоплавкого материала вращающимся цилиндрическим инструментом для сварки трением с перемешиванием с заполнением этим материалом упомянутых отверстий. Между соединяемыми деталями предварительно наносят подслоя из материала, имеющего температуру плавления ниже температуры плавления детали из более легкоплавкого материала, например, из цинка. При соединении подслоя обеспечивает образование паяного соединения деталей.

Недостатком такого способа является необходимость выполнения промежуточных технологических операций в виде изготовления отверстий в детали из более тугоплавкого
15 материала и нанесения подслоя из легкоплавкого материала (в данном случае цинка), а также низкая прочность получаемого соединения, определяемая материалом подслоя, прочность которого намного ниже прочности материалов, используемых в соединении.

Задачей предлагаемого изобретения является разработка способа получения
20 неразъемного герметичного соединения из разнородных материалов с помощью сварки трением с перемешиванием.

Техническим результатом изобретения является повышение прочности в неразъемном соединении разнородных материалов с помощью сварки трением с перемешиванием.

Задача решается посредством использования сварки трением с перемешиванием
25 путем очищения от загрязнений соприкасающиеся поверхности соединяемых деталей, внедрение сварочного инструмента, состоящего из вогнутых заплечиков и штыря, в деталь из более легкоплавкого материала, которая расположена поверх детали из более тугоплавкого материала, причем зазор между кончиком штыря и поверхностью более
30 тугоплавкого материала составляет 50 ± 25 мкм, а скорость вращения, скорость подачи и угол наклона сварочного инструмента относительно нормали к соединяемым деталям должны быть не менее 1100 об/мин, не более 75 мм/мин и $2,5^\circ$, соответственно.

Изобретение поясняется чертежами.

Фиг. 1 - Изображение растровой электронной микроскопии сварного соединения
35 пластин сплавов АА6061 и ВТ6.

Фиг. 2 - Внешний вид сварного соединения пластин сплавов АА6061 и ВТ6 после испытания на одноосное растяжение.

Осуществление изобретения

Для определенности и демонстрации принципиальной осуществимости и
40 эффективности заявляемого способа были выбраны два материала: титановый сплав ВТ6 и алюминиевый сплав АА6061. Для сварки использовали набор пластин толщиной 2 мм из вышеуказанных материалов. Пластины из алюминиевого сплава АА6061 были расположены поверх пластин титанового сплава ВТ6 и плотно прижаты.

Предварительно, соприкасающиеся поверхности обеих пластин были очищены от
45 загрязнений с помощью ацетона.

Пример 1. Сварка осуществлялась инструментом с вогнутыми заплечиками диаметром 12,5 мм и штырем диаметром 5 мм длиной 1,9 мм с метрической резьбой М5. Скорость вращения инструмента составляла 1100 об/мин. Угол наклона инструмента относительно

нормали к соединяемым деталям составлял $2,5^\circ$. Вращающийся инструмент внедрялся в алюминиевую пластину и поступательно двигался в ней прямолинейно и равномерно. При зазоре 100 ± 25 мкм (25 мкм – точность позиционирования инструмента, обеспечиваемая установкой сварки трением с перемешиванием) между пластиной титанового сплава и штырем инструмента и скоростью подачи инструмента от 12 до 500 мм/мин соединение между пластинами не образовывалось и они легко разъединялись вручную.

Пример 2. При зазоре 50 ± 25 мкм между пластиной титанового сплава и штырем инструмента и при скорости подачи инструмента от 12 до 50 мм/мин получалось неразъемное сварное соединение. При более высокой скорости подачи пластины не соединялись.

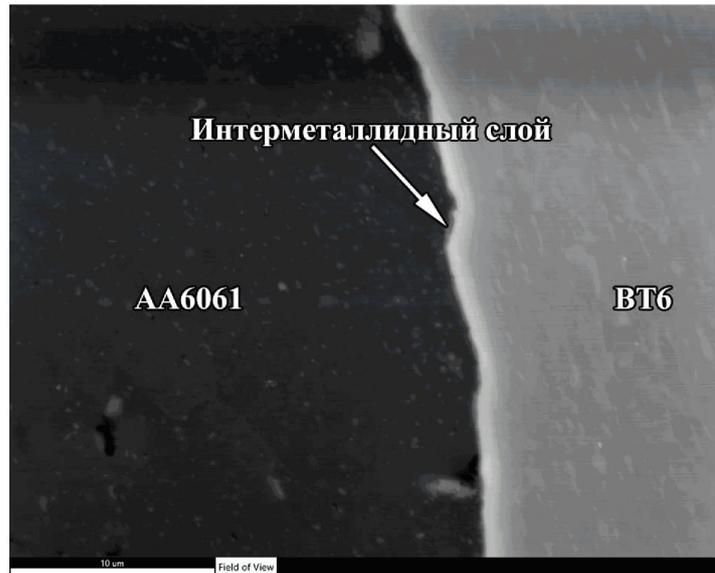
Микроструктурные исследования с помощью растровой электронной микроскопии показали, что между пластинами алюминиевого и титанового сплава формируется интерметаллидный слой толщиной около 1 мкм (Фиг. 1). Механические испытания методом растяжения показали, что прочность такого сварного соединения определяется прочностью используемого алюминиевого сплава, так как разрушение происходило в алюминиевой пластине (Фиг. 2).

Пример 3. При зазоре 25 ± 25 мкм между штырем и пластиной титанового сплава процесс сварки – инструмент периодически или постоянно касается поверхности титановой пластины, из-за чего происходит повышенный износ инструмента, изменение его геометрических размеров, повышенное тепловыделение в процессе сварки, приводящее к тепловому расширению материалов и внедрению штыря инструмента в титановую пластину.

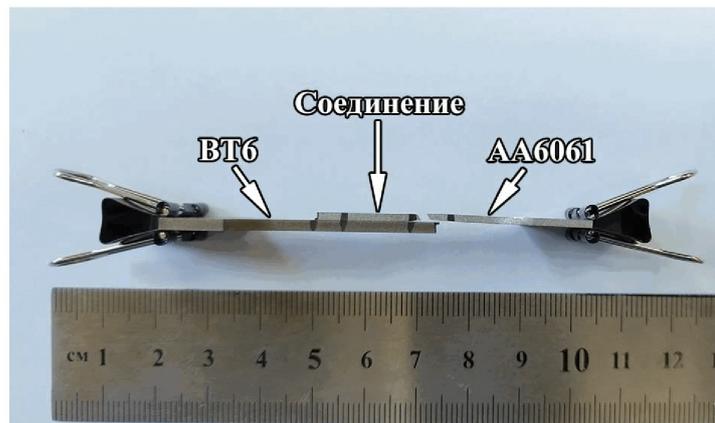
Таким образом поставленная задача решена, использование заявляемого способа соединения разнородных материалов позволяет получить высокопрочные и герметичные соединения, так как заявленные параметры сварки обеспечивают достаточное тепловыделение для адгезионного соединения материалов путем появления интерметаллидного слоя.

(57) Формула изобретения

Способ получения неразъемного герметичного соединения из разнородных материалов с помощью сварки трением с перемешиванием, включающий очистку от загрязнений соприкасающихся поверхностей соединяемых деталей, внедрение сварочного инструмента, состоящего из вогнутого заплечика и штыря, в деталь из более легкоплавкого материала, которая расположена поверх детали из более тугоплавкого материала, отличающийся тем, что внедрение сварочного инструмента осуществляют до получения расстояния между кончиком штыря и поверхностью более тугоплавкого материала, составляющего 25 - 75 мкм, при этом скорость вращения сварочного инструмента составляет не менее 1100 об/мин, скорость подачи – не более 75 мм/мин, а угол наклона сварочного инструмента относительно нормали к соединяемым деталям составляет $2,5^\circ$.



Фиг. 1



Фиг. 2